

明 細 書

放電装置及び空気浄化装置

技術分野

[0001] 本発明は、周期的に変動する電圧が印加されてストリーマ放電を行う放電装置、及びこの放電装置を備えた空気浄化装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来より、放電装置を備えた空気浄化装置は、放電によって生じたプラズマにより、臭気成分や有害成分などを分解除去する手段として利用されている。この空気浄化装置の中で、ストリーマ放電により低温プラズマを発生するストリーマ放電方式の空気浄化装置は、比較的低い電力で高い空気浄化効率が得られるため、有害成分の分解や脱臭を行うのに好適な技術である。

[0003] このストリーマ放電方式の空気浄化装置は、放電装置として、複数の放電電極と、この放電電極に対峙する対向電極と、両電極に電圧を印加する電源手段とを備えている。このような構成において、電源手段より両電極に電圧が印加されると、両電極間でストリーマ放電が行われ、低温プラズマが発生する。そして、この低温プラズマの生成に伴い発生した活性種(高速電子、イオン、ラジカル、その他の励起分子等)に、被処理空気中の有害成分や臭気成分を通気接触させることで、これらの成分が分解除去される(特許文献1参照)。

[0004] ところが、このようなストリーマ放電方式の放電装置は、臭気成分や有害成分に対して高い分解効率を有する反面、ストリーマ放電の状態(ストリーマ放電の発生頻度や発生状況)が種々の影響因子によって敏感に左右されやすい特性を有する。このため、例えば放電電極の製造時の寸法誤差や組立誤差、あるいは、両電極間における塵埃の付着などの影響で、それぞれの電極の放電特性にバラツキが生じるとストリーマ放電が安定して行われなくなるという問題があった。

[0005] このことについて、図10を参照しながら説明する。図10は、複数の電極(a、b、c)における放電特性をそれぞれ示したものであり、横軸がこれらの電極に印加される印加電圧(V)、縦軸が放電時に流れる放電電流(I)となっている。そして、これらの電極(a

、b、c)には、上述した理由によって放電特性にバラツキが生じている。このような条件において、所定の印加電圧(例えば図10のV1)がそれぞれの電極に印加されると、一部の電極(例えば図10のcの電極)において、放電に必要な電圧が印加されず、ストリーマ放電が行われなくなる可能性があった。このようにストリーマ放電が一部の電極で行われなくなると、高速電子やラジカルなどの活性種の生成量が低減し、この放電装置を備えた空気浄化装置の空気浄化効率が低減してしまうという問題があった。

- [0006] この問題を解決する従来技術として、周期的に変動する電圧を電源手段より両電極へ印加する放電装置がある。この放電装置では、図11に示すように、電圧に周期的な変動を持たせることで(例えば図11のVp)、それぞれの電極が、所定の電圧値(例えば図11のV1,V2,V3)でストリーマ放電を行えるようにし、上述した放電特性のバラツキの問題を解消できるようにしている(特許文献2参照)。

特許文献1:特開2002-336689号公報

特許文献2:特開2003-53129号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] ところで、特許文献1や特許文献2に開示されているような放電装置では、ストリーマ放電がパルス状に発生する。このことについて、図5を参照しながら説明する。なお、図5の(A)、(B)、(C)は、ストリーマ放電における電子(51)及び荷電粒子(52)(プラスイオン)の移動概念について、段階的に示したものである。
- [0008] ストリーマ放電時には、放電電極(41)から対向電極(42)に向かってリーダー(53)と呼ばれる微小アークが発生する。リーダー(53)の先端部分では、強い電位勾配によって空気が電子(51)と荷電粒子(52)とに電離している。そして、荷電粒子(52)が対向電極(42)側まで到達すると、一回の放電が終了する。
- [0009] この際、電離により発生した電子(51)は、放電電極(41)に向かって移動し、荷電粒子(52)は対向電極(42)に向かって移動する(図5(A))。ここで、電離により生じた荷電粒子(52)は、電子(51)と比較すると、相対的に質量が大きいため、それぞれの移動速度は、電子(51)よりも荷電粒子(52)の方が遅くなる。したがって、一回のストリー

マ放電時において、両電極(41,42)の間には、荷電粒子(52)が一時的に残留することになる(図5(B))。そして、この残留した荷電粒子(52)が、完全に対向電極(42)に移動すると、両電極(41,42)の間は、元の電界に戻り、再び放電が始まる(図5(C))。以上のように、ストリーマ放電時には、(A)→(B)→(C)のサイクルが繰り返されており、このサイクルで生じる荷電粒子(52)の間欠的な移動により、ストリーマ放電がパルス状に発生する。

[0010] このようなストリーマ放電において、特許文献2に開示されているように周期的に変動する電圧を印加する放電装置では、次のような問題が生じる。

[0011] 図6は、周期的に変動する電圧(V_p)が印加されている放電装置におけるストリーマ放電の発生特性を時間的な変化で示したグラフであり、横軸が時間(t)、縦軸が印加電圧(V)となっている。なお、放電電極は、例えば(V_{min})以上の電圧が印加されるとストリーマ放電を行う特性を有している。

[0012] このような条件において、変動する電圧(V_p)が、例えば t_1 時に(V_{min})以上となると、1回目のストリーマ放電が行われる。このストリーマ放電時には、上述した荷電粒子(52)が電極間に残存するため、荷電粒子(52)が対向電極(42)に到達するまでの間に時間を要する。このため、1回のストリーマ放電が行われてから次のストリーマ放電が行われるまでの間には、所定の放電周期(T_s)が必要となる。ここで、両電極(41,42)に周期的に変動する電圧が印加されている場合、放電周期(T_s)が経過した後に、電圧(V_p)が(V_{min})以上になっていない可能性がある(例えば図6の t_2 時)。この場合、 t_2 時において、次のストリーマ放電が行われず、放電周期(T_s)経過後、電圧(V_p)が初めて(V_{min})以上に到達する t_3 時において、次のストリーマ放電が行われる。したがって、この t_2 から t_3 までの時間(図6の破線矢印で示す期間)が放電遅延時間となってしまう、両電極(41,42)における放電ロスを招いてしまうことになる。以上のように、ストリーマ放電を安定的に行い、その高い空気浄化効率を発揮するためには、上記放電遅延時間に起因する放電ロスを極力抑制できるようにすることが望まれる。

[0013] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、周期的に変動する電圧が印加される放電装置において、両電極間での放電ロスを削減し、ストリーマ放電を安定的に行えるようにすることである。

課題を解決するための手段

- [0014] 本発明は、放電電極と対向電極とに印加される電圧の周波数を高速化することで、放電装置の放電ロスを削減できるようにしたものである。
- [0015] 具体的に、第1の発明は、複数の放電電極(41)と、該放電電極(41)に対峙する対向電極(42)とを備え、上記電源手段(45)より周期的に変動する電圧を両電極(41,42)へ印加することで両電極(41,42)の間でストリーマ放電を行う放電装置を前提としている。そして、この放電装置は、両電極(41,42)へ印加される電圧の周波数(f_v)と、両電極(41,42)の間でパルス状に発生するストリーマ放電の周波数(f_s)とが、
 $f_v \geq f_s$ の関係式を満たしていることを特徴とするものである。ここで、「ストリーマ放電の周波数(f_s)」とは、図6に示した荷電粒子(52)の残留によってパルス状に発生するストリーマ放電の周波数であり、上述した放電周期(T_s)の逆数を意味するものである。
- [0016] 上記第1の発明では、周期的に変動する電圧の周波数(f_v)が、ストリーマ放電の周波数(f_s)以上となって、電源手段(45)より両電極(41,42)へ印加される。言い換えると、図7に示すように、周期的に変動する電圧の周期(T_v) (電圧周期)は、放電周期(T_s)以下となる。このような条件でストリーマ放電が行われると、例えば図6に示すように、電圧周期(T_v)が放電周期(T_s)より大きい場合と比較して、ストリーマ放電時における放電遅延時間(図7における破線矢印の期間)を短縮することができる。
- [0017] 第2の発明は、第1の発明の放電装置において、両電極(41,42)へ印加される電圧の周波数(f_v) [kHz]と、両電極(41,42)の間の距離(G) [mm]とが、 $k = 40$ [mm/kHz]としたときに、
 $f_v \geq k / G$ の関係式を満たしていることを特徴とするものである。
- [0018] 上記第2の発明では、放電周波数(f_s)以上となる電圧周波数(f_v)が両電極(41,42)の間の距離(G) (ギャップ長)に基づいて決定され、この電圧周波数(f_v)の電圧が、電源手段(45)より両電極(41,42)へ電圧が印加される。
- [0019] このことについて、図5を参照しながら説明する。ストリーマ放電は、荷電粒子(52)の残留に起因してパルス状に発生する。このため、荷電粒子(52)が対向電極(42)へ到達するまでの距離、すなわちギャップ長(G)が短くなれば、荷電粒子(52)の残留

時間も短くなり、放電周波数(f_s)は大きくなる。一方、ギャップ長(G)が長くなれば、荷電粒子(52)の残留時間も長くなり、放電周波数(f_s)が小さくなる。このように、ストリーマ放電の放電周波数(f_s)は、ギャップ長(G)に大きく支配されており、このギャップ長(G)によって、放電周波数(f_s)をおおよそ推測することができる。

[0020] 本発明では、ストリーマ放電時における放電周波数(f_s)を、ギャップ長(G)より推測し(実験的に求めた $f_s=k/G$ 、($k=40[\text{mm/kHz}]$)の関係式より)、この放電周波数(f_s)に基づいて電圧周波数(f_v)を決定するようにしている。したがって、確実に電圧周波数(f_v)を放電周波数(f_s)以上とすることができ、ストリーマ放電時における放電遅延時間を確実に短縮することができる。

[0021] 第3の発明は、第1または第2の発明の放電装置において、両電極(41,42)へ印加される電圧の周波数(f_v)[kHz]が、

$f_v \geq 20[\text{kHz}]$ の関係式を満たしていることを特徴とするものである。

[0022] 上記第3の発明では、放電周波数(f_s)以上で、かつ20[kHz]以上の電圧周波数(f_v)で、電源手段(45)より両電極(41,42)へ電圧が印加される。ここで、ストリーマ放電の放電周波数(f_s)は、一般的に20[kHz]未満であるために、電圧周波数(f_v)を20[kHz]以上とすることで、この電圧周波数(f_v)を確実に放電周波数(f_s)以上とすることができる。したがって、ストリーマ放電時における放電遅延時間(図6における破線矢印の期間)を短縮することができる。

[0023] 第4の発明は、第1、第2または第3の発明の放電装置において、両電極(41,42)へ印加される電圧における平均電圧(V_a)と振幅(V_{p-p})とが、

$V_{p-p} \leq 0.1 \times V_a$ の関係式を満たしていることを特徴とするものである。

[0024] 上記第4の発明では、平均電圧(V_a)に対して10%以下の振幅(V_{p-p})で周期的に変動する電圧が、電源手段(45)より両電極(41,42)へ印加される。このため、両電極(41,42)へ印加される電圧の変動の幅は、平均電圧(V_a)に対して10%以下の範囲となる。ここで、ストリーマ放電は、例えば電気集塵などの放電と比較して、スパークが発生しやすい特徴を有する。このため、印加される電圧の平均電圧(V_a)に対して振幅(V_{p-p})が大きい場合、両電極(41,42)に印加される電圧が高くなり、この電圧がスパーク領域まで達してしまうと、両電極(41,42)の間でスパークが発生する可能性が

ある。

[0025] 一方、本発明では、両電極(41,42)へ印加される電圧の変動の範囲を平均電圧(V_a)に対して10%以下と狭くしたので、両電極(41,42)へ印加される電圧が高くなり、スパーク領域まで達してしまうことを抑制でき、このスパークの発生を抑制することができる。

[0026] 第5の発明は、放電電極(41)と対向電極(42)との間でストリーマ放電を行う放電装置を備え、両電極(41,42)の間に被処理空気を流通させ、被処理空気を清浄化する空気浄化装置を前提としている。そして、この放電装置は、第1から第4のいずれか1の発明の放電装置であることを特徴とするものである。

[0027] 上記第5の発明は、第1から第4のいずれか1の発明の放電装置が、空気浄化装置に適用される。そして、この空気浄化装置におけるストリーマ放電時の放電遅延時間を短縮することができる。

発明の効果

[0028] 上記第1の発明によれば、放電周波数(f_s)以上となる電圧周波数(f_v)の電圧を、両電極(41,42)へ印加するようにしている。そして、それぞれの電極(41,42)において、ストリーマ放電時に生じる放電遅延時間を短縮できるようにしている。このため、両電極(41,42)における放電ロスを抑止でき、ストリーマ放電を安定的に行うことができる。

[0029] 上記第2の発明によれば、電圧周波数(f_v)を、ギャップ長(G)より推測した放電周波数(f_s)に基づいて決定するようにしている。このため、電圧周波数(f_v)を確実に放電周波数(f_s)以上とすることができ、ストリーマ放電時における放電遅延時間を短縮することができる。したがって、この放電装置における放電ロスを確実に抑制できる。

[0030] 上記第3の発明によれば、放電周波数(f_s)以上で、かつ20[kHz]以上の電圧周波数(f_v)の電圧を印加するようにしている。このため、電圧周波数(f_v)を一般的なストリーマ放電の放電周波数(約20[kHz]未満)以上とすることができ、ストリーマ放電時の放電遅延時間を短縮することができる。

[0031] また、電圧周波数(f_v)を20[kHz]以上とすると、この電圧の出力に伴う音の周波数が人間の可聴領域より高周波化される。したがって、電源手段(45)の近傍で生じる騒音を抑制することができる。

[0032] 上記第4の発明によれば、周期的に変動する電圧の振幅(V_{p-p})を平均電圧(V_a)に対して10%以下となるようにしている。このため、両電極(41,42)へ印加される電圧の範囲が狭くなり、両電極(41,42)へ印加される電圧がスパーク領域に達してしまうことを抑制できる。したがって、スパークの発生を抑制でき、この放電装置におけるストリーマ放電の安定性の向上を図ることができる。

[0033] 上記第5の発明によれば、空気浄化装置に第1から第4のいずれか1の発明の放電装置を適用することで、この空気浄化装置におけるストリーマ放電時の放電遅延時間を短縮できるようにしている。このため、この空気浄化装置の放電ロスを削減でき、安定的なストリーマ放電を行えることができる。したがって、この空気浄化装置の空気浄化効率の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]図1は、本実施形態に係る空気浄化装置の全体構成を示す概略斜視図である。

[図2]図2は、本実施形態に係る放電装置の内部を上側から見た構成図である。

[図3]図3は、本実施形態に係る放電装置の要部拡大斜視図である。

[図4]図4は、本実施形態に係る放電装置の電源手段の回路図である。

[図5]図5は、ストリーマ放電の原理に係る説明図である。

[図6]図6は、放電周波数と電圧周波数との関係を示すグラフ例である。

[図7]図7は、放電周波数と電圧周波数との関係を示すグラフ例である。

[図8]図8は、放電周波数と電圧周波数との関係が、放電遅延時間に及ぼす影響を検証したシミュレーション結果である。

[図9]図9は、ギャップ長と放電周波数との関係を示すグラフである。

[図10]図10は、従来技術に係る放電装置の放電特性を示す説明図である。

[図11]図11は、周期的に変動する電圧が印加された際の放電特性を示す説明図である。

符号の説明

[0035] (10) 空気浄化装置

(40) 放電装置

- (41) 放電電極
- (42) 対向電極
- (45) 電源手段
- (fv) 電圧周波数
- (fs) 放電周波数
- (Tv) 電圧周期
- (Ts) 放電周期

発明を実施するための最良の形態

- [0036] 本実施形態について、図1から図4を参照しながら説明する。
- [0037] 図1は、本実施形態に係る空気浄化装置(10)の分解斜視図であり、図2は、この空気浄化装置(10)の内部を上方から見た図である。この空気浄化装置(10)は、一般家庭や小規模店舗などで用いられる民生用の空気浄化装置である。また、この空気浄化装置(10)は、ストリーマ放電により低温プラズマを生成して被処理空気を清浄化する、いわゆるストリーマ放電方式の空気浄化装置である。
- [0038] この空気浄化装置(10)は、一端が開放された箱形のケーシング本体(21)と、その開放端面に装着される前面プレート(22)とからなるケーシング(20)を備えている。ケーシング(20)の前面プレート(22)側の両側面には吸込口(23)が形成されている。また、ケーシング本体(21)には、天板の背面寄りに吹出口(24)が形成されている。
- [0039] ケーシング(20)内には、吸込口(23)から吹出口(24)までに亘って被処理空気である室内空気が流れる空気通路(25)が形成されている。この空気通路(25)には、室内空気の流れの上流側(図2において下側)から順に、空気浄化を行う各種の機能部品(30)と、該空気通路(25)に室内空気を流通させるための遠心送風機(26)とが配置されている。
- [0040] 上記機能部品(30)には、前面プレート(22)側から順に、プレフィルタ(31)、イオン化部(32)、静電フィルタ(33)、そして触媒フィルタ(34)が含まれている。イオン化部(32)には、低温プラズマを発生させるための放電装置(40)が一体的に組み込まれている。また、空気浄化装置(10)のケーシング本体(21)の後部下側寄りには、放電装置(40)の電源手段(45)が設けられている。

- [0041] プレフィルタ(31)は、空気中に含まれる比較的大きな塵埃を捕集するフィルタである。また、イオン化部(32)は、プレフィルタ(31)を通過した比較的小さな塵埃を帯電させ、この塵埃を、イオン化部(32)の下流側に配置されている静電フィルタ(33)により捕集するためのものである。このイオン化部(32)は、複数のイオン化線(35)と、複数の対向電極(42)とから構成されている。複数のイオン化線(35)は、イオン化部(32)の上端から下端まで等間隔で張架されていて、それぞれが静電フィルタ(33)に平行な一枚の仮想面上に位置している。対向電極(42)は、水平断面が「コ」の字形となった長尺部材で構成され、その開放部が後方側に位置している。この対向電極(42)は、各イオン化線(35)の間に該イオン化線(35)と平行に配列されている。そして、各対向電極(42)は、1枚のメッシュ板(37)にそれぞれの開放部が接合されている。
- [0042] 放電装置(40)は、複数の放電電極(41)と、この放電電極(41)に対向する対向電極(42)とを備えている。なお、上記対向電極(42)は、上記イオン化部(32)の対向電極(42)として共用されており、各放電電極(41)がこの放電電極(41)に対峙する各対向電極(42)の内側に配置されている。
- [0043] 具体的に、対向電極(42)の内側には、放電装置(40)の拡大斜視図である図3に示すように、上下方向に延在する電極保持部材(43)が設けられ、放電電極(41)は固定部材(44)を介して電極保持部材(43)に保持されている。放電電極(41)は線状ないし棒状の電極であり、固定部材(44)から突出した放電電極(41)が、対向電極(42)の第1面(42a)と略平行になるように配置されている。なお、放電電極(41)の先端部から対向電極(42)の第1面(42a)までの間の距離(ギャップ長)(G)は、本実施形態において、4.8[mm]となっている。
- [0044] 触媒フィルタ(34)は、静電フィルタ(33)の下流側に配置されている。この触媒フィルタ(34)は、例えばハニカム構造の基材の表面に触媒を担持したものである。この触媒には、マンガン系触媒や貴金属系触媒など、放電によって生成される低温プラズマ中の反応性の高い物質をさらに活性化し、空気中の有害成分や臭気成分の分解を促進するものが用いられる。
- [0045] 次に、本発明の特徴である電源手段(45)の回路構成例について、図4を参照しながら説明する。この電源手段(45)は、高圧電源制御部(61)と高圧電源回路部(62)と

で構成されており、高圧電源制御部(61)と高圧電源回路部(62)とが互いに接続されている。また、高圧電源回路部(62)は、上記放電電極(41)及び対向電極(42)と接続されている。

- [0046] 高圧電源制御部(61)は、一次側の電源である高圧電源(63)と、上記高圧電源回路部(62)を制御するコントローラ(64)とが設けられている。
- [0047] 高圧電源回路部(62)には、発信回路(65)と、トランジスタ(66)と、トランス部(67)と、平滑回路(68)とが設けられている。
- [0048] 発振回路(65)は、トランジスタ(66)へ電圧(発振信号)を印加して、このトランジスタ(66)をON/OFFするためのものである。また、トランス部(67)は、トランジスタ(66)のON/OFFに呼応して、平滑回路(68)へ周期的に変動する電圧を印加するためのものである。このトランス部(67)には、その一次側(発振回路側)に一次側第1コイル(S11)と一次側第2コイル(S12)とが設けられている一方、その二次側(平滑回路側)に二次側第1コイル(S21)が設けられている。一次側第1コイル(S12)は、トランジスタ(66)のON/OFFによって通電/非通電を繰り返すことで、昇圧され振幅が増大された電圧を二次側第1コイル(S21)に発生させるものである。一方、一次側第2コイル(S12)は、二次側の電圧に応じた誘起電圧が発生して、この誘起電圧を出力電圧検出部(69)に検知させるためのものである。なお、出力電圧検出部(69)は、例えば二次側の出力電圧に異常がある場合、異常信号をコントローラ(64)へ発信するように構成されている。
- [0049] 平滑回路(68)は、コンデンサとダイオードとを組み合わせた、例えばコッククロフト回路で構成されている。そして、平滑回路(68)は、トランス部(67)の二次側第1コイル(S21)で昇圧、増幅された電圧を平滑化して、放電装置(40)の両電極(41,42)へ周期的に変動する電圧を印加するように構成されている。
- [0050] なお、本実施形態において、この両電極(41,42)へ印加される電圧の出力波形は、図7に示すような正弦波状となっている。そして、この電圧の周期(T_v) (電圧周期)が、パルス状に発生するストリーマ放電の周期(T_s) (放電周期)以下となっている。換言すると、電圧周波数(f_v) (電圧周波数)は、パルス状に発生するストリーマ放電の周波数(f_s) (放電周波数)以上となっている。

[0051] また、上記電圧周波数(f_v)[kHz]は、ギャップ長(G)[mm]との関係が (f_v) [kHz] $\geq k/(G)$ [mm](ここで k は実験的に求めた係数であり、 $k=40$ [mm/kHz])を満たすようになり、本実施形態において、電圧周波数(f_v)は8.4[kHz]以上となっている。さらに、この電圧の振幅(V_{p-p})は、電源手段(45)より出力される平均電圧(V_a)の10%以下となっており、本実施形態において、平均電圧(V_a)は4.0[kV]であり、電圧の振幅(V_{p-p})は0.4[KV]以下となっている。

[0052] 一運転動作—

次に、空気浄化装置(10)の運転動作について説明する。

[0053] 図1及び図2に示すように、空気浄化装置(10)の運転中は、遠心送風機(26)が起動し、室内空気がケーシング(20)内の空気通路(25)を流通する。また、この状態において、イオン化部(32)及び放電装置(40)に図4に示す電源手段(45)から電圧が印加される。この際、放電装置(40)には、図7に示す正弦波状の電圧が印加される。

[0054] 室内空気がケーシング(20)内に導入されると、まずプレフィルタ(31)において比較的大きな塵埃が除去される。室内空気は、さらにイオン化部(32)を通過するときに該室内空気中の比較的小さな塵埃が帯電した状態となって下流側へ流れ、この塵埃は静電フィルタ(33)に捕集される。以上により、空気中の塵埃は、大きなものから小さなものまでプレフィルタ(31)と静電フィルタ(33)とで概ね除去される。

[0055] イオン化部(32)に一体的に組み込まれた放電装置(40)では、図3に示すように、放電電極(41)の先端より、対向電極(42)に向かって低温プラズマが発生することで、反応性の高い活性種(電子、イオン、オゾン、ラジカルなど)が生じる。そして、これらの活性種が、触媒フィルタ(34)まで達すると、さらに活性化して空気中の有害成分や臭気成分を分解除去する。以上のようにして塵埃が除去されるとともに、有害成分や臭気成分も除去された清浄な室内空気は、空気吹出口(24)から室内へ吹き出される。

[0056] 一実施形態の効果—

本実施形態に係る空気浄化装置(10)では、以下の効果が発揮される。

[0057] 本実施形態では、電圧周波数(f_v)が放電周波数(f_s)以上となっている。このため、例えば電圧周波数(f_v)が放電周波数(f_s)より小さい場合(図6の場合)と比較して、ス

トリーマ放電時における放電遅延時間(図7における破線矢印の期間)を短縮することができる。

[0058] このことについて、図8に示すグラフを参照しながら説明する。図8は、電圧周期(T_v)と放電周期(T_s)との関係によって、ストリーマ放電時の遅延時間がどのように変化するかを検証したシミュレーション結果である。図8において、横軸は、放電周期(T_s)を電圧周期(T_v)で除した値である。一方、縦軸は、放電周期(T_s)を実放電周期(T_s')で除した値である。ここで、放電周期(T_s)がストリーマ放電時に最低限必要な周期であるのに対し、実放電周期(T_s')とは、実際のストリーマ放電で必要とされる周期をシミュレーションによって求めたものである。したがって、図8において、縦軸の(T_s/T_s')が1.0に近づけば、放電遅延時間が短くなり、逆に0に近づけば、放電遅延時間が長くなるということを意味している。

[0059] シミュレーション結果においては、図8の斜線の範囲に示すように、(T_s/T_v) < 1となる、すなわち、電圧周期(T_v)が放電周期(T_s)より大きくなると、放電遅延時間が著しく長くなる傾向にあることがわかる。したがって、放電装置(40)における放電ロスも大きくなる。一方、図8において(T_s/T_v) \geq 1となる、すなわち、電圧周期(T_v)が放電周期(T_s)以下となると放電遅延時間は比較的短くなる。換言すると、電圧周波数(f_v)が放電周波数(f_s)以上となることで、放電遅延時間を短縮化でき、放電装置(40)の放電ロスを効果的に削減することができる。

[0060] また、本実施形態において、電源手段(45)は、($f_v \geq 40/\text{ギャップ長}(G)$)の関係式を満たす電圧を印加するように構成されている。ここで、この関係式について、図9のグラフを参照しながら説明する。

[0061] 上述したように、ストリーマ放電は、荷電粒子(52)の残留に起因してパルス状に発生する。したがって、ストリーマ放電の周波数(f_s)は、荷電粒子(52)の残留時間におおよそ支配される。図9は、ギャップ長(G)と放電周波数(f_s)との関係を実験的に求めたグラフである。その結果、ストリーマ放電が行われる範囲内において、放電周波数(f_s)は、おおよそギャップ長(G)との一次関数であり、その関係は $f_s = 40/G$ となる。

[0062] 本実施形態では、この関係式によって放電周波数(f_s)を推定し、この放電周波数(f_s)に基づいて電圧周波数(f_v)を決定しているため、確実に電圧周波数(f_v)を放電

周波数(f_s)以上とすることができる。したがって、この放電装置(40)における放電ロスを確実に削減することができる。

[0063] さらに、本実施形態では、電源手段(45)が平均電圧(V_a)に対して10%以下の振幅(V_{p-p})の電圧を両電極(41,42)へ印加するようにしている。このため、両電極(41,42)へ印加される電圧の範囲が狭くなり、両電極(41,42)に印加される電圧がスパーク領域に達してしまうことを抑制できる。したがって、スパークの発生を抑制でき、この放電装置におけるストリーマ放電の安定性の向上を図ることができる。

[0064] 《その他の実施形態》

本発明は、上記実施形態について、以下のような構成としてもよい。

[0065] 本実施形態における放電装置(40)では、電源手段(45)が、8.4[kHz]以上の電圧周波数(f_v)の電圧を出力するように構成されている。しかしながら、この電圧周波数(f_v)は、20[kHz]以上が好ましい。この場合、放電遅延時間を短くして放電ロスを削減できることに加え、電源手段(45)より出力される電圧(振幅信号)に伴う音の周波数を人間の可聴領域より高周波化させ、電源手段(45)近傍の騒音を抑制することができる。

[0066] また、本実施形態では、電源手段(45)が、正弦波状の出力波形の電圧を出力するようにしている。しかしながら、この電源手段の出力波形は、矩形波状、鋸歯状、パルス状など、周期的に変動する電圧であれば、如何なるものであってもよい。

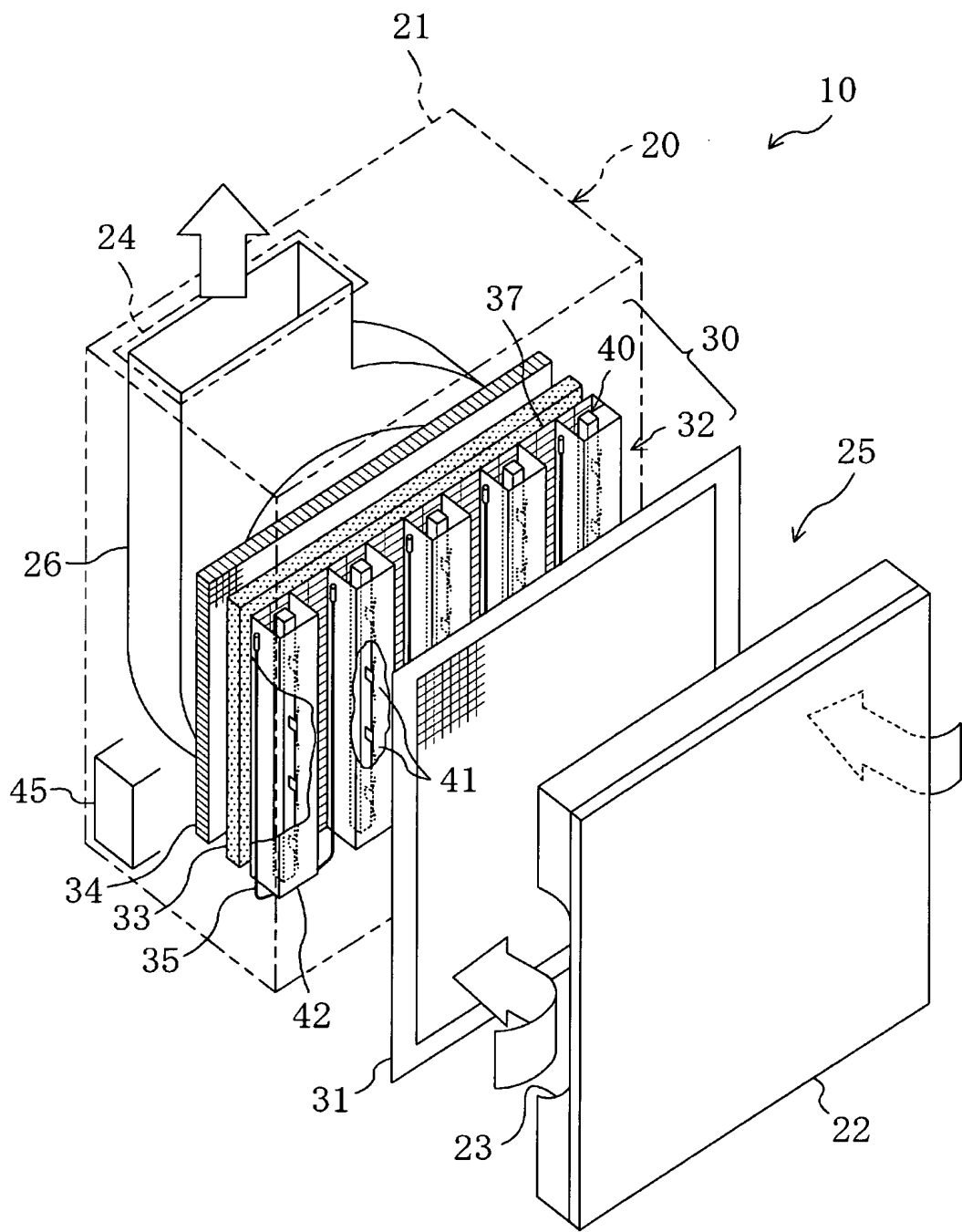
産業上の利用可能性

[0067] 以上説明したように、本発明は、周期的に変動する電圧が印加されてストリーマ放電を行う放電装置、及びこの放電装置を備えた空気浄化装置について有用である。

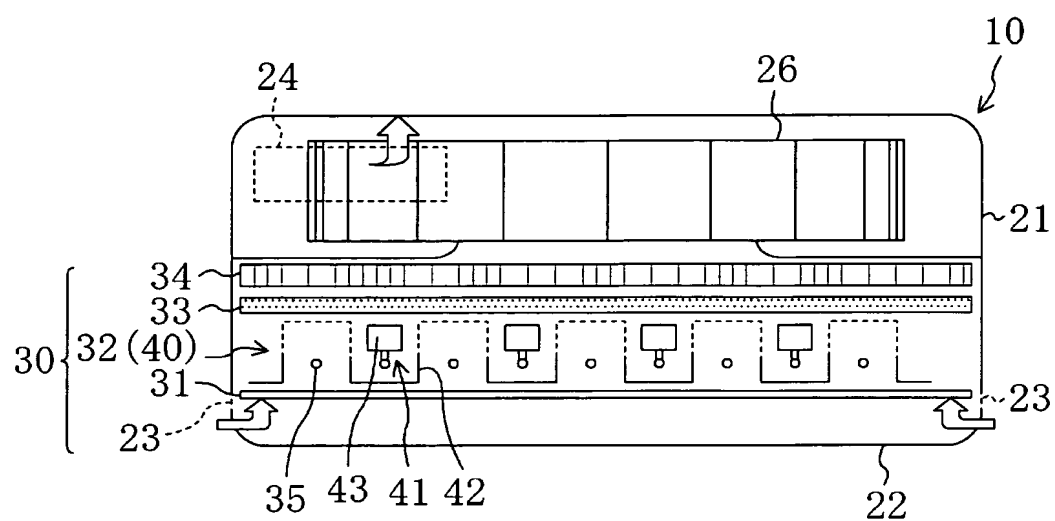
請求の範囲

- [1] 複数の放電電極と、該放電電極に対峙する対向電極とを備え、
上記電源手段より周期的に変動する電圧を両電極へ印加することで両電極の間でストリーマ放電を行う放電装置であって、
両電極へ印加される電圧の周波数(f_v)と、両電極の間でパルス状に発生するストリーマ放電の周波数(f_s)とが、
 $f_v \geq f_s$ の関係式を満たしていることを特徴とする放電装置。
- [2] 請求項1に記載の放電装置において、
両電極へ印加される電圧の周波数(f_v)[kHz]と、両電極の間の距離(G)[mm]とが、
 $k=40$ [mm/kHz]としたときに
 $f_v \geq k/G$ の関係式を満たしていることを特徴とする放電装置。
- [3] 請求項1または2に記載の放電装置において、
両電極へ印加される電圧の周波数(f_v)[kHz]が、
 $f_v \geq 20$ [kHz]の関係式を満たしていることを特徴とする放電装置。
- [4] 請求項1、2または3に記載の放電装置において、
両電極へ印加される電圧における平均電圧(V_a)と振幅(V_{p-p})とが、
 $V_{p-p} \leq 0.1 \times V_a$ の関係式を満たしていることを特徴とする放電装置。
- [5] 放電電極と対向電極との間でストリーマ放電を行う放電装置を備え、
両電極の間に被処理空気を流通させ、被処理空気を清浄化する空気浄化装置であって、
上記放電装置は、請求項1から4のいずれか1に記載の放電装置であることを特徴とする空気浄化装置。

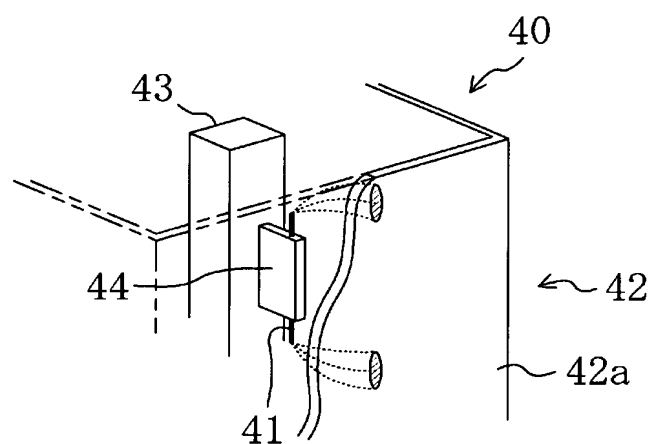
[図1]



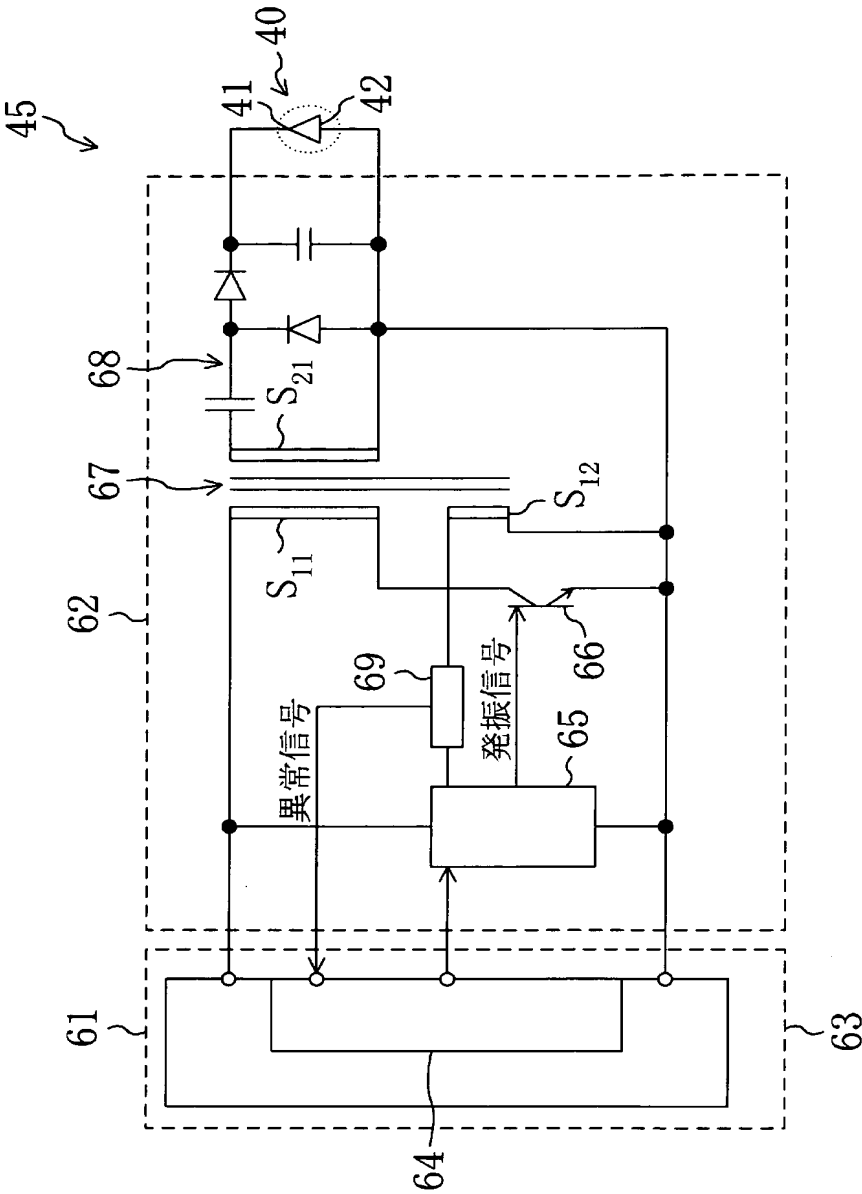
[図2]



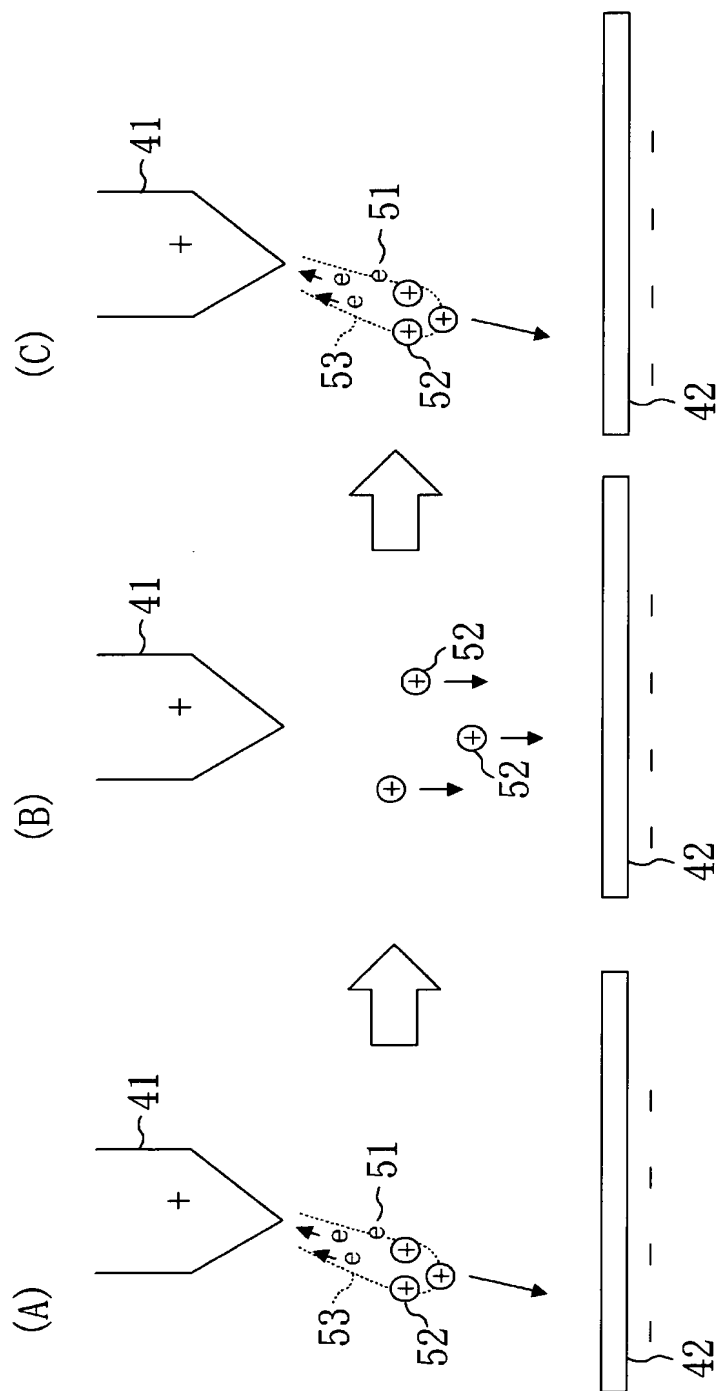
[図3]



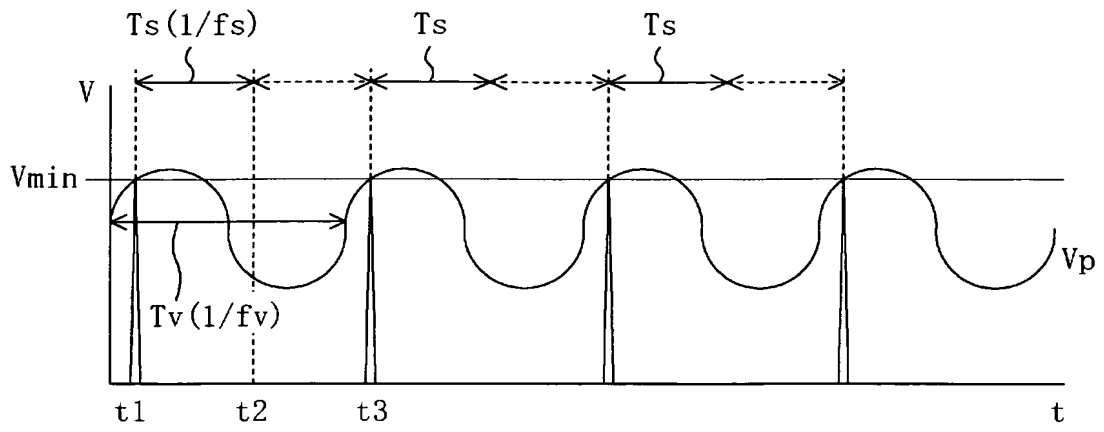
[図4]



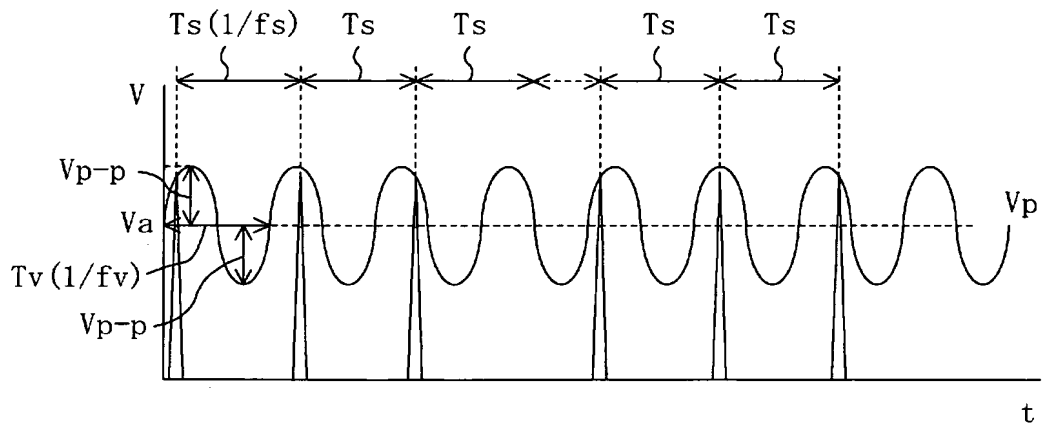
[図5]



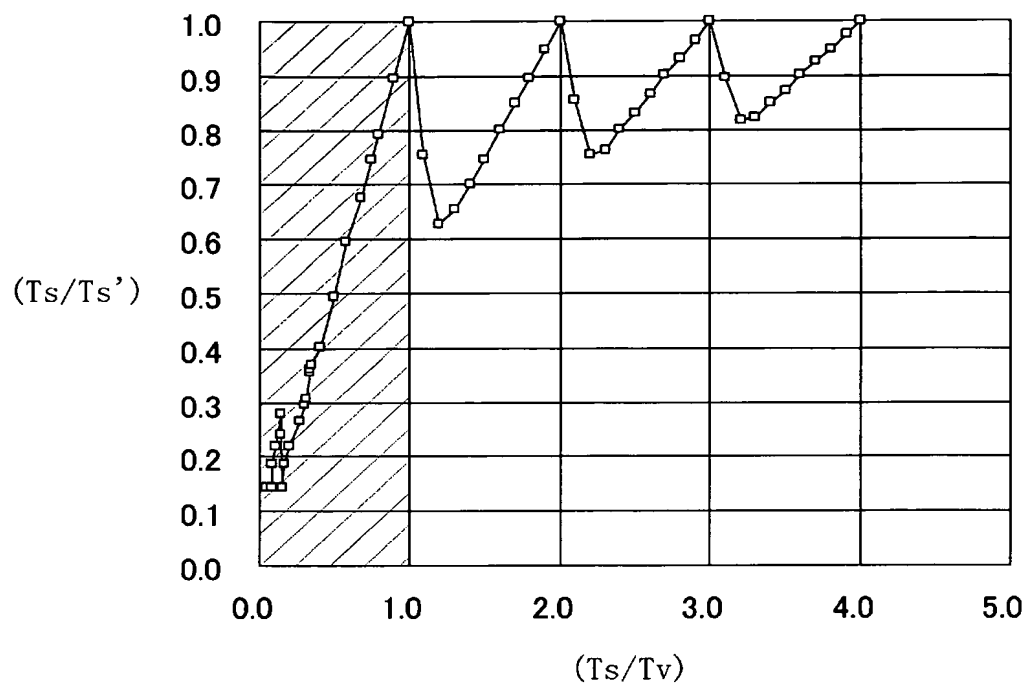
[図6]



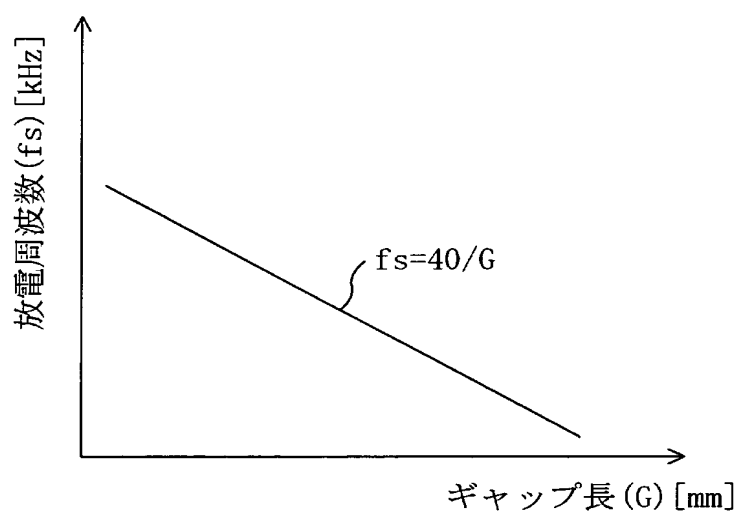
[図7]



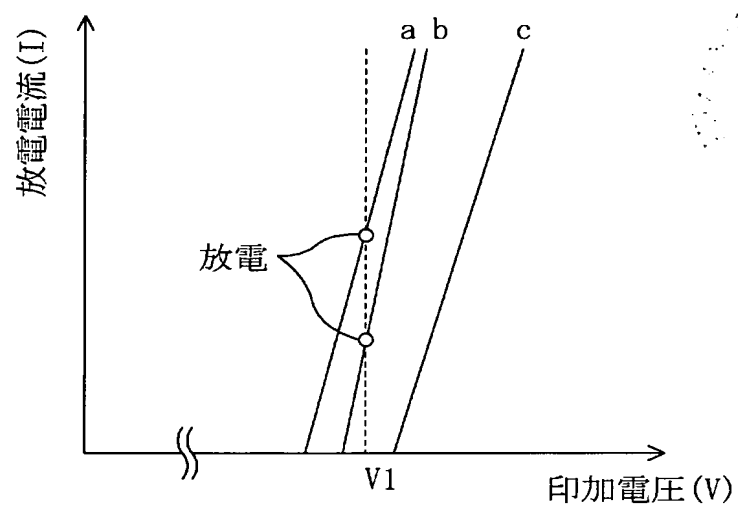
[図8]



[図9]



[図10]



[図11]

